

(1)  
61

Int. Cl. 2:

B 64 D 15/16

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



11

21

22

43

44

45

# Patentschrift 22 59 749

Aktenzeichen: P 22 59 749.5-22

Anmeldetag: 6. 12. 72

Offenlegungstag: 20. 6. 74

Bekanntmachungstag: 1. 6. 78

Ausgabetag: 25. 1. 79

Patentschrift stimmt mit der Auslegeschrift überein

31

Unionspriorität:

32 33 31

54

Bezeichnung:

Vorrichtung zum Entfernen von Eis von der Oberfläche dünnwandiger Bauteile

51

Zusatz zu:

P 17 56 024.6

73

Patentiert für:

Levin, Igor Anatolevitsch; Levin, Anatolij Jakovlevitsch;  
Fedorov, Nikolaj Evstignejevitsch; Rogov, Iosif Aleksandrovitsch;  
Afanasov, Erik Eduardovitsch; Moskau

74

Vertreter:

Luyken, R., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 8000 München

72

Erfinder:

Levin, Igor Anatolevitsch; Levin, Anatolij Jakovlevitsch;  
Fedorov, Nikolaj Evstignejevitsch; Rogov, Iosif Aleksandrovitsch;  
Afanasov, Erik Eduardovitsch; Moskau;  
Turjanskij, Eduard Grigorevitsch, Kupowka (Sowjetunion)

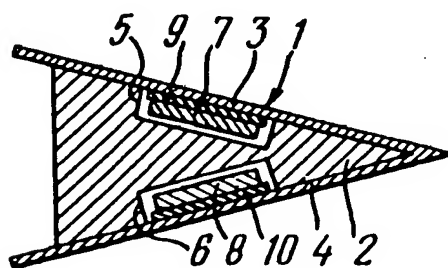
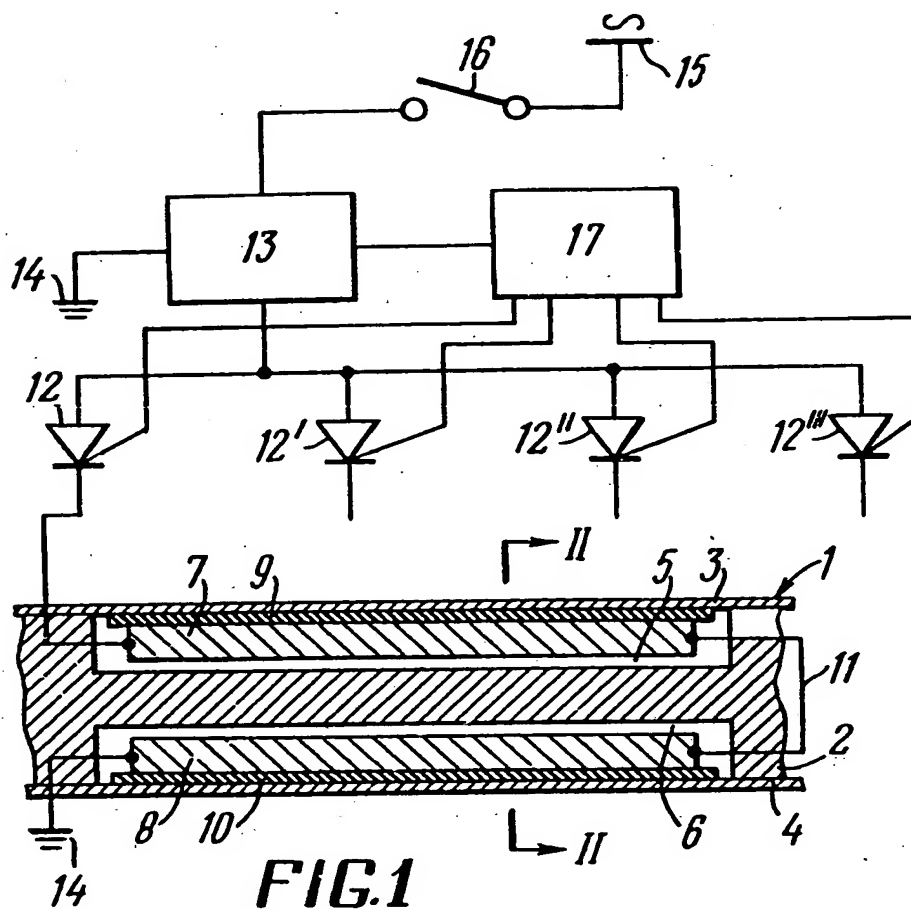
55

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-PS 17 56 024

GB 5 05 433

DE 22 59 749 C 3



## Patentansprüche:

1. Vorrichtung zum Entfernen von Eis von der Oberfläche dünnwandiger Bauteile, insbesondere von Verkleidungen von Flugkörpern oder Schiffen, durch elastische Deformationen der zu enteisenden Wände mit elektrischen, durch Zeitintervalle unterbrochenen Impulsen, die von einem Impulswandler in mechanische Kraftstöße umgewandelt werden, nach Patent 17 56 024, wobei als Impulswandler ein Paar zusammenwirkender elektrisch verbundener Leiter entlang der Enteisungszone angeordnet sind und mindestens einer der Leiter mit der zu enteisenden Wand verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Leiter als Schienen (7, 8) mit rechteckigem oder trapezförmigem Querschnitt ausgeführt sind, deren Verbindung mit den zu enteisenden Wänden über elektrisch isolierte Zwischenlagen (9, 10, 19) durchgeführt sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schienen (7, 8) in einem im Innenraum des Bauteils befindlichen Versteifungselement (2) aus dielektrischem Werkstoff in längs der zur enteisenden Wände vorgesehenen Nuten (5, 6) angeordnet sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schienen (7, 8) jeweils von einer elektrisch isolierenden Zwischenlage (19) vollständig umschlossen sind und in einem im Innenraum des Bauteils befindlichen Versteifungselement (18) aus elektrisch leitendem Werkstoff in längs der zu enteisenden Wände vorgesehenen Nuten (5, 6) angeordnet sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Nut (5, 6) jeweils ein zusammenwirkendes Paar von Schienen (7, 8) angeordnet ist.

5. Vorrichtung zum Entfernen von Eis von der Oberfläche dünnwandiger Bauteile, insbesondere von Verkleidungen von Flugkörpern oder Schiffen, durch elastische Deformationen der zu enteisenden Wände mit elektrischen, durch Zeitintervalle unterbrochenen Impulsen, die von einem Impulswandler in mechanische Kraftstöße umgewandelt werden, nach Patent 17 56 024, wobei als Impulswandler ein Paar zusammenwirkender elektrisch verbundener Leiter entlang der Enteisungszone angeordnet sind und mindestens einer der Leiter mit der zu enteisenden Wand verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Leiter trapezförmige Teile eines im Innenraum des Bauteils befindlichen, aus elektrisch leitendem Werkstoff bestehenden Versteifungselements (18) sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Versteifungselement (18) von einem in Längsrichtung des Bauteils verlaufenden Kanal (23) in zwei die Leiter bildende Teile geteilt ist, wovon ein Teil von der zu enteisenden Wand durch Zwischenlagen (24) elektrisch isoliert ist, während der andere Teil mit der Flugzeugmasse (14) durch einen Leiter (25) elektrisch verbunden ist.

Bauteile, insbesondere von Verkleidungen von Flugkörpern oder Schiffen, durch elastische Deformationen der zu enteisenden Wände mit elektrischen, durch Zeitintervalle unterbrochenen Impulsen, die von einem Impulswandler in mechanische Kraftstöße umgewandelt werden, nach Patent 17 56 024, wobei als Impulswandler ein Paar zusammenwirkender elektrisch verbundener Leiter entlang der Enteisungszone angeordnet sind und mindestens einer der Leiter mit der zu enteisenden Wand verbunden ist.

Moderne Verkehrsmittel, deren Oberflächen der Eisbildung ausgesetzt sind, enthalten vielfach Bauteile mit engen Innenräumen, wie beispielsweise die Tragflügel von Überschallflugzeugen an den scharfen Kanten oder die Rotorblätter von Hubschraubern oder die Schutzwände von Schiffsmasten, in denen sich die aus dem Hauptpatent und beispielsweise auch aus der GB-PS 5 05 433 bekannten Impulswandler, die die Oberflächen zur Eisentfernung beaufschlagen sollen, nicht unterbringen lassen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, raumsparende konstruktive Anordnungen der elektrischen Leiter anzugeben, um das Entfernen von Eis auch an Bauteilen mit engen Innenräumen, wie Tragflügeln von Überschallflugzeugen, Rotorblättern von Hubschraubern oder Schutzwänden von Schiffsmasten, zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Leiter als Schienen mit rechteckigem oder trapezförmigem Querschnitt ausgeführt sind, deren Verbindung mit den zu enteisenden Wänden über elektrisch isolierte Zwischenlagen durchgeführt sind.

Nach einem anderen Lösungsweg wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Leiter trapezförmige Teile eines im Innenraum des Bauteils befindlichen, aus elektrisch leitendem Werkstoff bestehenden Versteifungselements sind.

Mit der vorliegenden Erfindung werden dadurch elektrische Wechselwirkungen ausgenutzt, die minimale Verschiebungen und elastische Deformationen von Bauteilen hervorrufen. Auf diese Weise wird beim Auftreten kleiner Trägheitskräfte eine schnelle Wirkung erzielt. Die Übertragung der aus elektrischen Impulsen umgewandelten mechanischen Kräfte erfolgt über große sich berührende Oberflächen, wodurch die gewünschte Wirkung, möglichst große Oberflächen von der Eisschicht zu befreien, gefördert wird. Die bei der elektrischen Wechselwirkung auftretende mechanische Kraft wird zur unmittelbaren Einwirkung auf die an den elektrischen Leitern anliegenden Wandungen ausgenutzt. Die Leiter sind bei der erfindungsgemäßen Anordnung gegenüber dem Versteifungselement im Innern des Bauteils und gegenüber der Wand mit der äußeren Oberfläche des Bauteils mit kleinstmöglichem Abstand angeordnet, so daß zur elastischen Deformation der Bauteilwand nur eine sehr geringe Verschiebung der Leiter erforderlich ist. Dabei kann diese Anordnung an räumlich sehr begrenzten Stellen, z. B. den scharfen Kanten von Überschallflugzeugen, angebracht werden, weil sie nur sehr kleine Abmessungen besitzt.

Vorteilhafte Weiterbildungen des Gegenstands der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung wird in der nachstehenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen und an Hand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine Längsschnittdarstellung des Flügelvorderteils eines Überschallflugzeuges in der Einbauzone

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Entfernen von Eis von der Oberfläche dünnwandiger

des an eine Stromquelle angeschlossenen Impulswandlers, der zur Umwandlung von elektrischen Impulsen in mechanische Kraftstöße dient,

Fig. 2 einen Schnitt nach Linie II...II von Fig. 1,

Fig. 3 die Vorderkante eines Flugzeugflügels (im Querschnitt) mit eingebautem Impulswandler,

Fig. 4 die Vorderkante eines Flugzeugflügels (im Querschnitt) mit eingebautem Impulswandler, wobei eine der Schienen von einem Versteifungselement gebildet wird,

Fig. 5 die Vorderkante eines Flugzeugflügels (im Querschnitt) mit eingebautem Impulswandler, der am Versteifungselement befestigt ist,

Fig. 6 die Vorderkante eines Überschall-Flugzeugflügels (im Querschnitt) mit eingebautem, durch das Versteifungselement selbst gebildeten Impulswandler,

Fig. 7 eine Ansicht in Richtung des Pfeils VII in Fig. 6.

Im Innenraum des scharfen Vorderteils eines Flugzeugflügels 1 (Fig. 1 und 2) befindet sich ein aus dielektrischem Stoff hergestelltes Versteifungselement, nachfolgend Stringer 21 genannt, an dessen zu den Außenhautflächen 3 und 4 gewandten Seiten Nuten 5 und 6 ausgeführt sind, die symmetrisch bezüglich der Flügelsehne und längs der zu enteisenden Vorderkante verlaufen. In den Nuten 5 und 6 befinden sich flache Aluminiumschienen 7 und 8 mit rechteckigem Querschnitt. Diese Schienen 7 und 8 sind von der Außenhautteilen 3 und 4 durch Zwischenlagen 9 und 16 elektrisch isoliert und miteinander mittels eines Leiters 11 an einem Ende verbunden. Eine der Schienen 7 oder 8 liegt unter der anderen und beide sind an den Innenseiten der Außenhautflächen 3 und 4 befestigt, z. B. mit diesen vernietet. Das andere Ende der Schiene 7 ist über einen Thyristor 12 an einen Stromimpulsgeber 13 angeschlossen und das zweite Ende der Schiene 8 ist an der Flugzeugmasse 14 »geerdet«. Somit liegen die Schienen 7 und 8 im elektrischen Stromkreis in Reihe. Als Impulsgeber 13 kann eine beliebige bekannte Stromimpulsquelle benutzt werden, die von Pausen unterbrochene Impulse liefern kann, wobei die Pausen wenigstens 10mal länger als die Impulse sein müssen.

Der Impulsgeber 13 wird vom Wechselstrom-Bordnetz 15 gespeist, an welches er über einen Schalter 16 angeschlossen ist.

Bekanntlich wird die Abstoßungskraft ( $F$ ) pro Längeneinheit ( $l$ ) für zwei im Abstand ( $a$ ) voneinander liegende und von entgegengesetzt gerichteten Strömen durchflossene Parallelliter aus der Formel

$$\frac{F}{l} = k \frac{I_1 \cdot I_2}{a}$$

bestimmt, wobei  $k$  ein Koeffizient ist, der von den Eigenschaften des zwischen den Leitern liegenden Stoffes sowie von der Leiterform abhängt, und  $I_1$ ,  $I_2$  die Ströme in den Leitern sind.

Somit dienen die Schienen 7 und 8 als Impulswandler, der die elektrischen Impulse in mechanische Kraftstöße umwandelt.

Praktisch ist für ein Flugzeug eine große Anzahl von Impulswandlern notwendig. Infolgedessen ist in den elektrischen Stromkreis ein Programmschalter 17 einzuschalten, der den Betrieb der im Stromkreis jedes Impulsgebers einzeln liegenden Thyristoren 12, 12', 12'', 12''' steuert.

Die Enteisierung der Außenhaut von Flugzeugflügeln erfolgt wie nachstehend beschrieben wird.

Beim Eintritt eines Flugzeuges in eine Vereisungszone werden die Kontakte des Schalters 16 automatisch oder von Hand geschlossen. Der Impulsgeber 13 beginnt elektrische Stromimpulse zu erzeugen. Dabei öffnet der Schalter 17 nacheinander die Thyristoren 12, 12', 12'', 12''' und führt dabei Impulse den Impulswandlern folgerichtig zu. Beim Durchgang der elektrischen Stromimpulse durch die Schienen 7 und 8 entstehen die erwähnten Abstoßungskräfte (hier und im folgenden wird die Arbeit nur eines Impulswandlers beschrieben). Da die Schienen 7 und 8 an die Außenhaut anstoßen und die Kraftstöße durch Pausen unterbrochen werden, entsteht in jedem Teil der Außenhaut eine elastische Verformung, die zur Entfernung von Eis ausreichend ist und in der Hauptsache von der Kraft ( $F$ ), von den Eigenschaften des Stringerstoffes und den elastischen Eigenschaften der Konstruktion des zu enteisenden Flügels 1 abhängt.

Die Kraft ( $F$ ) muß so gewählt werden, daß die in der Außenhaut entstehenden mechanischen Spannungen unter ihrer Ermüdungsgrenze oder ihrer Festheitsgrenze bei zyklischer Belastung liegen.

In den Fig. 3 bis 7 sind verschiedene konstruktive Ausführungsvarianten des zur Enteisierungseinrichtung gehörenden Impulswandlers dargestellt.

Bei einer konstruktiven Variante ist das Versteifungselement 18, nachfolgend Stringer 18 genannt (Fig. 3), aus Metall ausgeführt und weist Nuten 5 und 6 auf, wobei in jeder Nut ein Paar von flachen Aluminiumschienen 7 und 8 liegt. Die Schienen 7 sind an der Außenhaut des Flügels 1 und die Schienen 8 am Stringer 18 befestigt (Befestigungselemente sind in Fig. 3 nicht gezeigt). Jede Schiene 7, 8 wird auf ihrer ganzen Länge von einer Isolationshülle 19 umschlossen. An einer Seite sind die Schienen 7 und 8 jedes Schienenpaares miteinander verbunden. Jedes Schienenpaar 7, 8 bildet einen Impulswandler und wandelt elektrische Impulse in Kraftstöße um, die auf die Außenhaut einwirken, und ist, ebenso wie der Impulswandler nach Fig. 1 und 2, an eine Impulsstromquelle angeschlossen. Die Schienen 7 und 8 können entweder an der Außenhaut oder am Stringer befestigt werden und man verlegt sie in diesem Falle mit kleinen Zwischenräumen einfach in Nuten.

In der in Fig. 4 dargestellten Ausführungsvariante des Impulswandlers dient der Metallstringer 18 als eine der Impulswandlerschienen. In diesem Falle weist der Stringer 18 Nuten 5 und 6 auf, und in jeder Nut liegt die von einer Isolationshülle 19 umschlossene Schiene 7, 8. An einem Ende ist der Stringer 18 elektrisch mit der Flugzeugmasse 14 und am anderen Ende mit jeder Schiene 7 verbunden.

In Fig. 5 ist eine Ausführung des Impulswandlers für ein Überschallflugzeug dargestellt, dessen Flügelvorderkante so scharf ausgebildet ist, daß die Außenhaut an diese Vorderkante nicht heranreicht. In diesem Falle wird im Stringer 18 eine zur Flügelsehne senkrecht stehende durchgehende Nut 20 vorgesehen, in die als einzelne Bauteile ausgeführte Schienen 21 und 22 eingesetzt werden, die wie die Schienen 7 und 8 miteinander elektrisch verbunden werden. Die Schienen 21 und 22 haben einen trapezförmigen Querschnitt und ihre Außenfläche fällt mit dem theoretischen Umriß des Flugzeugflügels 1 zusammen. Die Schienen 21, 22 werden in der Nut 20 von besonderen in der Zeichnung nicht dargestellten Anschlägen gehalten.

Bei dieser Ausführungsvariante kann sich die Parallelverbindung der Schienen 21, 22 mit der in Fig. 5 nicht gezeigten Stromimpulsquelle als zweckmäßig

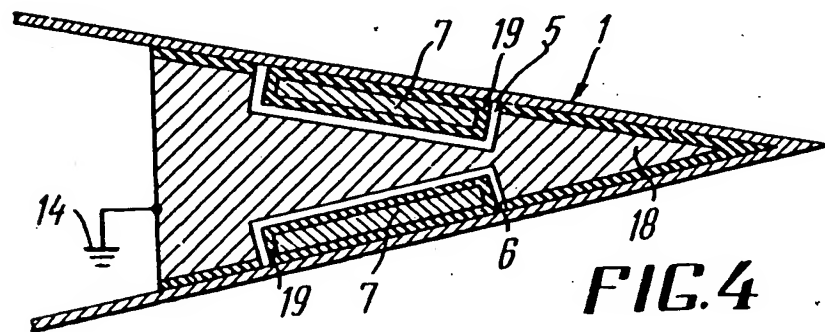
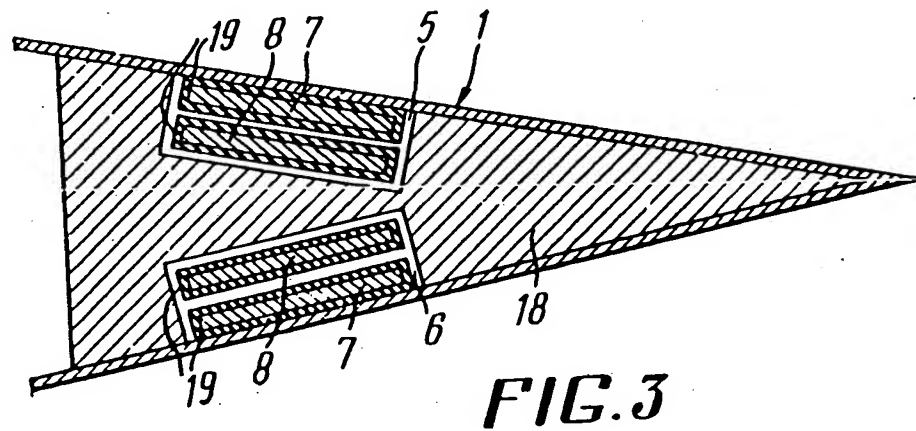
erweisen. Zu diesem Zweck wird die Stromimpulsquelle an den gemeinsamen Verbindungspunkt der Schienen 21, 22 angeschlossen, und die anderen Schienenenden verbindet man elektrisch mit der Flugzeugmasse 14. Der Strom durchfließt die Schienen 21, 22 in diesem Falle in einer Richtung, und infolge der Zusammenwirkung der Ströme werden die Schienen 21, 22 mit der Kraft ( $F$ ) aneinandergezogen, deren Größe aus der oben angeführten Formel bestimmt wird. Die Umwandlung der elektrischen Impulse in mechanische Kraftstöße erfolgt dabei wie oben beschrieben wurde, mit dem einzigen Unterschied, daß diese Umwandlung die Anziehungskräfte bewirken. Bei dieser Ausführung zeichnet sich der Impulswandler durch einen besonders kompakten Aufbau aus und kann zur Enteisung von besonders scharf ausgebildeten Flugzeugteilen, wie Leitwerk, Lufteintrittsöffnung usw. benutzt werden.

Gemäß den Fig. 6 und 7 weist der Stringer 18 des

Flügels 1 einen längs der Sehne verlaufenden Kanal 23 auf, der den Stringer 18 in zwei Teile teilt. Ein Stringerteil ist von der Flügelaußenhaut elektrisch vollkommen isoliert, und der andere Teil hat in seiner Längsmittle eine elektrische Verbindung mit der Flügelaußenhaut. Zur elektrischen Isolierung des Stringers 18 von der Außenhaut dienen aus einem Isolierstoff hergestellte Zwischenlagen 24. Ein Leiter 25 stellt eine elektrische Verbindung zwischen dem Stringer 18 und der Außenhaut her. Das Lufteinblasen in den Kanal 23 wird durch einen aus Isolierstoff hergestellten Deckel 26 verhindert.

Beim Anschluß dieses Impulswandlers an eine Stromimpulsquelle erfüllt ein Stringerteil die Rolle der Schiene 7 und der andere Teil dient als Schiene 8. Beim Stromdurchfluß der Stringerteile erfolgt ihr gegenseitiges Abstoßen, das eine zur Enteisung führende elastische Verformung hervorruft.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen



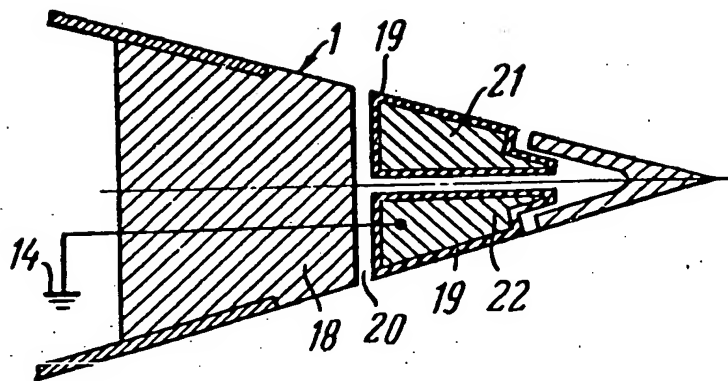


FIG. 5

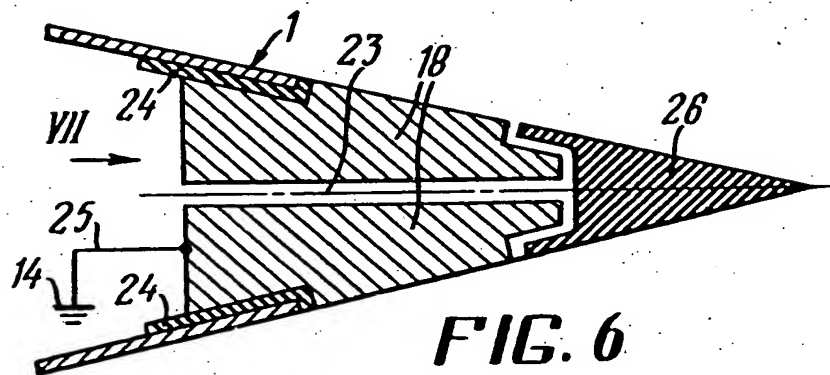


FIG. 6

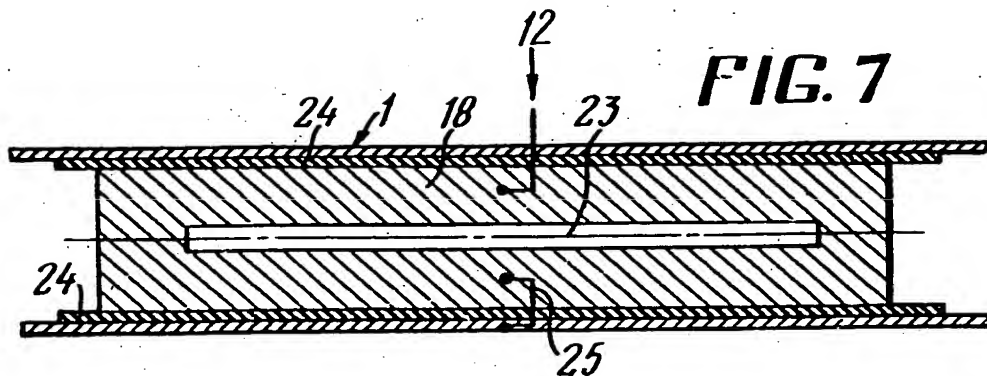


FIG. 7

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**